

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07007179  
PUBLICATION DATE : 10-01-95

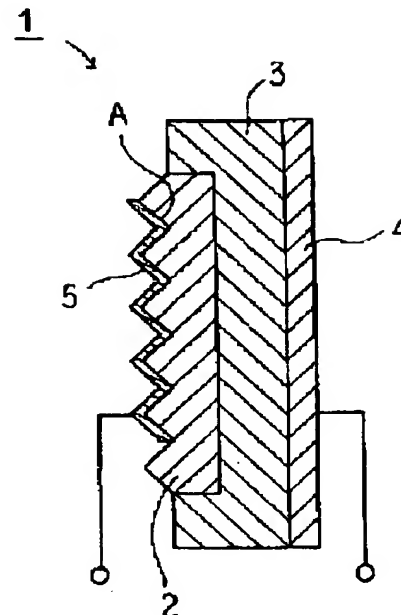
APPLICATION DATE : 16-06-93  
APPLICATION NUMBER : 05144581

APPLICANT : SANYO ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : AYA YOICHIRO;

INT.CL. : H01L 33/00

TITLE : LIGHT EMITTING ELEMENT



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a light emitting element made of porous silicon in which the emission intensity is enhanced effectively.

CONSTITUTION: The light emitting element comprises a porous silicon layer 2 and electrodes 4, 5 formed, directly or indirectly, on the opposite sides thereof. The porous silicon layer 2 is prepared by subjecting a single crystal silicon layer or a polysilicon layer, provided with protrusions and recesses having the aspect ratio of 1 or less and larger than the pore of the polysilicon layer 2, to anodic oxidation.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-7179

(43) 公開日 平成7年(1995)1月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 33/00

識別記号 庁内整理番号  
A 7376-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-144581

(22) 出願日 平成5年(1993)6月16日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 佐野 景一

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

(72) 発明者 綾 洋一郎

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

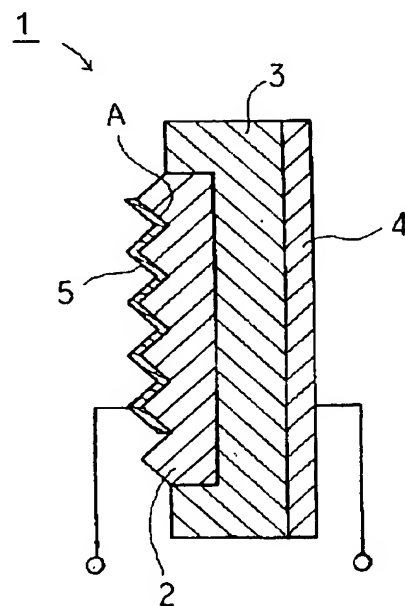
(74) 代理人 弁理士 目次 誠 (外1名)

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【要約】

【目的】 多孔質シリコンを用いた発光素子であって、その発光強度を効果的に高め得る発光素子を提供する。

【構成】 多孔質シリコン層2と、多孔質シリコン層2の両面に直接または間接に形成された電極4、5とを備え、上記多孔質シリコン層2が、多孔質シリコン層2のポアに比べて相対的に大きく、アスペクト比が1以下の凹凸が形成された単結晶シリコン層または多結晶シリコン層を陽極酸化することにより構成されている発光素子1。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多孔質シリコン層と、前記多孔質シリコン層の両面に直接または間接に形成された電極とを備える発光素子において、

前記多孔質シリコン層が、多孔質シリコン層のポアに比べて相対的に大きく、アスペクト比が1以下の凹凸が形成された単結晶シリコン層または多結晶シリコン層を陽極酸化することにより構成されていることを特徴とする、発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、発光素子に関し、特に、陽極酸化により表面を多孔質化してなる多孔質シリコン層を用いて構成された発光素子の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、EL（エレクトロルミネセンス）素子、発光ダイオード、レーザーダイオード等の発光素子としては、直接遷移型の化合物半導体が主として用いられてきているが、近年、間接遷移型の単結晶シリコンを出発材料として得られた多孔質シリコンが発光素子用材料として研究されている（Appl. Phys. Lett. 第57巻、第1046頁～第1048頁（1990）等）。

【0003】 結晶シリコンは、間接遷移型の狭いバンドギャップを有するため、通常は可視発光しない。しかしながら、単結晶シリコンをフッ化水素（HF）水溶液中において、電解研磨の領域よりも小さい電流密度で陽極酸化することにより表面に形成される多孔質シリコン層は、室温において可視発光することが明らかにされている。この場合、出発材料としては、表面が平坦なp型またはn型の単結晶シリコン基板が用いられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の多孔質シリコンを用いた上記発光素子では、多孔質シリコンの発光スペクトルの強度が未だ十分でないという問題があった。

【0005】 本発明の目的は、発光強度を効果的に高め得る構造を備えた多孔質シリコンを用いた発光素子を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、多孔質シリコン層と、該多孔質シリコン層の両面に直接または間接に形成された電極とを備える発光素子において、上記多孔質シリコン層が、多孔質シリコン層のポアに比べて大きく、アスペクト比が1以下の凹凸の形成された単結晶シリコン層または多結晶シリコン層を陽極酸化することにより構成されていることを特徴とする。

【0007】 なお、上記凹凸の大きさは、多孔質シリコン層におけるポアの寸法が数 $\mu\text{m}$ 程度であるため、これよりも相対的に大きく、例えば数十 $\mu\text{m}$ 以上の大きさと

され、このような大きさの凹凸は、単結晶シリコン層または多結晶シリコン層を例えばエッチングすることにより形成し得る。

【0008】 また、上記アスペクト比とは、凹凸の（山部と谷部との間の垂直距離）／（谷部－谷部間の水平距離）を示し、このアスペクト比が1以下であることが本発明では必要であり、それによって発光強度を効果的に高め得る。

## 【0009】

10 【作用】 本発明では、多孔質シリコン層を形成するための出発材料として、多孔質シリコン層のポアよりも相対的に大きく、アスペクト比が1以下の凹凸が形成された単結晶シリコン基板または多結晶シリコン基板が用いられ、最終的に得られる多孔質シリコン層においても上記凹凸が存在するため、多孔質シリコン層の実効表面積が平坦な多孔質シリコン層に比べて増大される。従って、上記実効表面積の増大により、発光スペクトル強度が高められる。

## 【0010】

20 【実施例の説明】 以下、図面を参照しつつ実施例を説明することにより、本発明を明らかにする。

【0011】 図1は、本発明の一実施例に係る発光素子の構造を説明するための断面図である。発光素子1は、多孔質シリコン層2の背面にp<sup>+</sup>層またはn<sup>+</sup>層を構成するための単結晶シリコン基板3及びアルミニウムよりなる電極4を積層し、多孔質シリコン層2の表面側にAuよりなる透明電極5を形成した構造を有する。

30 【0012】 上記多孔質シリコン層2は、その表面側に凹凸Aを有するように構成されており、凹凸Aの大きさは、多孔質シリコン層2のポアの寸法よりも大きくされており、かつアスペクト比が1以下とされている。上記多孔質シリコン層2は、単結晶シリコン層をエッチングし、例えば数十 $\mu\text{m}$ 程度の凹凸を付与した後に、公知の多孔質シリコン層形成方法に従って陽極酸化することにより構成される。

【0013】 本実施例では、上記多孔質シリコン層2の表面側に上記凹凸Aが形成されている分だけ多孔質シリコン層の実効表面積が増大されている。従って、発光スペクトルの強度がその分だけ高められる。

40 【0014】 なお、図1に示した実施例では、多孔質シリコン層2は、単結晶シリコン層の表面に上記のように凹凸を付与した後に陽極酸化することにより構成されていたが、表面に多孔質シリコン層のポアサイズよりも大きく、アスペクト比が1以下の凹凸を有する多孔質シリコン層は、多結晶シリコン層を用いて構成することも可能である。

50 【0015】 次に、このような多結晶シリコン層を出発材料とした実施例につき説明する。例えば、図2に示すように、表面に凹凸Bが付与された単結晶シリコン基板6を用意する。凹凸Bは、単結晶シリコン基板6の表面

3

をNaOH等の適宜のエッチャントを用いてエッチングすることにより形成することができる。

【0016】次に、上記単結晶シリコン基板6の凹凸Bが付与された面に、均一な厚みの非晶質シリコン層7を形成する。この場合、非晶質シリコン層7の表面にも、下方の凹凸Bに応じた凹凸Cが形成されることになる。しかる後、非晶質シリコン層7を加熱し多結晶シリコン層を固相成長させ、配向性に優れた多結晶シリコン層を得る。この場合、さらにエッチングを併用することにより、形成された多結晶シリコン層の粒界部を除去することにより、図4に示すように、球状の粒に近い表面形状を有する多結晶シリコン層8を形成することができる。

【0017】図4から明らかなように、この例においても、多結晶シリコン層8全体としてみた場合に、表面にDで示す凹凸が付与されている。従って、この多結晶シリコン層8を陽極酸化することにより、表面に凹凸を有する多孔質シリコン層を形成することができる。よって、このようにして形成された多孔質シリコン層を用いて図1に示した実施例と同様にして発光素子を構成する\*

	凹凸の大きさ(μm)	アスペクト比
a	50	0.5
b	50	2
c	50	5
d	200	0.5

【0020】次に、上記のようにして用意した4種類の凹凸が付与された単結晶シリコン基板a~dを用い、図5に示すようにして以下の要領で多孔質化した。図5において、45重量%HF水溶液10内に、表面に凹凸が付与された単結晶シリコン基板11が浸漬されている。単結晶シリコン基板11の背面には、p<sup>-</sup>型単結晶シリコン基板3及びアルミニウムよりなる電極4がこの順序で積層されている。また、12は合成樹脂もしくはワックス等よりなる支持部材を示す。

【0021】多孔質化にあたっては、同じくHF水溶液10中に浸漬された白金よりなる電極13と電極4との間に電流を流し、電流密度25mA/cm<sup>2</sup>で単結晶シリコン基板11を陽極化成した。また、多孔質シリコン化を促進するために、500Wのタングステンランプにより光を照射した。

【0022】次に、上記のようにして多孔質シリコン基板を作製し、その表面にAuよりなる電極5(図1参照)を形成し、図1に示した発光素子を作製した。得られた発光素子に5Vの順バイアス電圧を印加した際の発光強度(面内発光の積分強度)を測定した。この発光強度の、表面が平坦な多孔質シリコン基板を用いた発光素子の発光強度に対する相対強度を表2に示す。

【0023】

【表2】

\*ことにより、発光スペクトル強度を効果的に高めることができる。

【0018】次に、具体的な実験例を説明することにより、本発明を明らかにする。まず、出発材料として、平坦な単結晶シリコン基板を用意し、該単結晶シリコン基板の一方表面をエッチングすることにより、図2に示した単結晶シリコン基板6を用意した。エッチングに際しては、エッチャントとしてNaOH(0.25モル)を用い、80℃の温度で10~30分間エッチングを行った。このエッチング時間については、後述の寸法の凹凸を有するように、エッチング時間を制御した。すなわち、下記の表1に示す凹凸の大きさ及びアスペクト比を有するように表面に凹凸が形成された4種類の単結晶シリコン基板a~dを用意した。なお、上記凹凸の大きさとは、谷部と谷部との間の水平距離を、アスペクト比とは、(山部と谷部との間の垂直距離)/(谷部-谷部間の水平距離)を示す。

【0019】

【表1】

	相対強度(フラットに対する)
a	1.5
b	0.9
c	0.6
d	2.8

【0024】表2から明らかなように、表面に凹凸を形成したとしても、出発材料としての単結晶シリコン基板b、cのように凹凸のアスペクト比が1より大きい場合には、凹凸部分における下地の閉じ込めが顕著となり、外部に光が有効に取り出せないためか、発光強度の増加が見られなかった。

【0025】これに対して、アスペクト比が1以下の単結晶シリコン基板a、dを用いた場合には、実効表面積増大効果により、平坦な単結晶シリコン基板を出発材料として用いた場合に比べて、発光強度が著しく高められることがわかった。

【0026】また、出発材料として単結晶シリコン基板dを用いた場合と、単結晶シリコン基板aを用いた場合とは、凹凸のアスペクト比が同じであり、光学的には同様に作用するものと思われるが発光強度増大作用が異

5

なっている。これは、凹凸の大きさが小さい方（単結晶シリコン基板aを用いた方）は、多孔質シリコン層のポアのサイズと近づくため、凹凸を付与したことによる実効表面積増大効果が低減するからであると考えられる。もっとも、単結晶シリコン基板aを用いた場合においても、表2から明らかなように、平坦な単結晶シリコン基板を用いた場合に比べると、発光強度は50%高められている。

【0027】次に、多結晶シリコンを出発材料として用いた場合の実験例につき説明する。上述した第1の実験例において用いた単結晶シリコン基板dの表面に、400℃の温度で公知のプラズマCVD法に従って図3に示すように厚み約10μmの非晶質シリコン層7を堆積し、さらに水素雰囲気中で650℃の温度でアニールすることにより多結晶シリコンを固相成長させた。このように凹凸を付与された単結晶シリコン基板上に多結晶シリコン層を成長させ、該多結晶シリコン層の表面に下方の単結晶シリコン基板の凹凸を反映した凹凸が設けられている構造（すなわち図4に示した構造）を得た。この実験では、単結晶シリコン基板の表面上に約100μmの粒径の多結晶シリコンが成長していることが認められた。また、この基板では、多結晶シリコン層の表面においても、下方の単結晶シリコン基板の凹凸が反映した凹凸が付与されている。

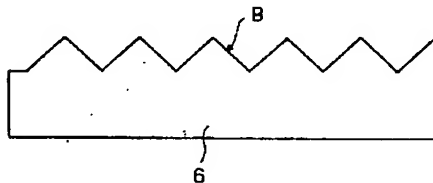
【0028】次に、上記多結晶シリコン層の表面を第1の実験例と同様にして陽極酸化し、得られた多孔質シリコン層を用い、第1の実験例と同様にして発光素子を構成し、5Vの順バイアス電圧を印加し、発光強度（面発光の積分強度）を測定した。得られた発光強度を、平坦な単結晶シリコン基板を出発材料として用いて構成された多孔質シリコン発光層の発光強度に対する相対強度として下記の表3に示す。

【0029】

【表3】

	相対強度（フラットに対する）
e	5. 6

【図2】



6

【0030】表3及び前述した表2から明らかなように、多結晶シリコン層を出発材料として構成された第2の実験例の発光素子の方が、単結晶シリコン基板dを用いて構成された第1の実験例において得た発光素子に比べて、発光強度が大きいことがわかる。これは、下地の単結晶シリコン基板の凹凸による効果と、多結晶シリコン層をエッチングすることにより粒界の不純物が除去されて多結晶シリコン層が30μm程度の結晶粒が集合した状態とされていることによる表面積増大効果によると思われる。

【0031】

【発明の効果】以上のように、本発明では、発光素子を構成するための多孔質シリコン層が、エッチング等により凹凸を付与された単結晶または多結晶シリコン層を用いて形成されているため、該凹凸が付与されている分だけ多孔質シリコン層の実効表面積が増大されており、従って発光強度を大幅に高め得る。

【0032】また、上記凹凸が付与された結晶系シリコン基板として、多結晶シリコン層を有するものを用いた場合には、単結晶シリコン基板を用いものと比べて、より安価に発光強度の大きな発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の発光素子を示す断面図。

【図2】出発材料として用いた表面に凹凸の付与された単結晶シリコン基板を示す側面図。

【図3】単結晶シリコン基板上に非晶質シリコン層を形成した状態を示す側面図。

【図4】単結晶シリコン基板上に形成された多結晶シリコン層を説明するための側面図。

【図5】多孔質化するための陽極化成工程を説明するための断面図。

【符号の説明】

1…発光素子

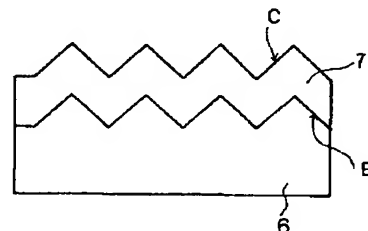
2…多孔質シリコン層

4, 5…電極

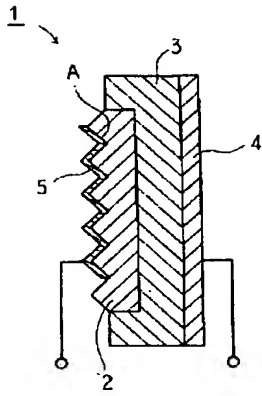
6…単結晶シリコン基板

8…多結晶シリコン層

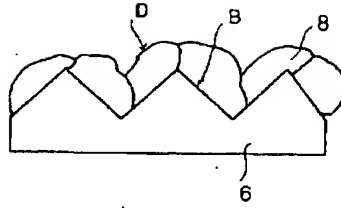
【図3】



【図1】



【図4】



【図5】

